中華農業研究 (Jour. Agri. Res. China) 39(4)：325～338 (1990)

臺灣地區西瓜根瘤線蟲之發生及防治[1]

杜金池[2]　程永雄[3]　王貴美[2]　蔡東纂[4]

摘要：本省西瓜栽作型態大抵分爲三種：旱田輪作、蔗田輪作、及河床地連作；其罹患根瘤線蟲之發病率分別爲55%，57.5%，及60%，病原主要爲南方根瘤線蟲（*Meloidogyne incognita*）爪哇根瘤線蟲（*M. javanica*）次之。旱田西瓜園之根瘤線蟲族群高峰期在7月至9月間，而12月至1月較低；蔗田西瓜園之高峰期自6月至10月，而低族群密度在1月至3月，河床地西瓜園之根瘤線蟲族群消長曲線最尖，在7、8兩個月爲高峰，11月後族群顯著地降低。田間調查結果顯示，根瘤線蟲和蔓割病菌之複合感染率，以河床地之16.5%爲最高，蔗田之11.5%次之，旱田之11%最低。田間防治試驗結果顯示，以施用幾丁質添加物(Clandosan)，殺線蟲劑抗蟲得(10%　Controven　G.)，及燻蒸劑溴化甲烷(Bromomethane)對根瘤線蟲之防治效果最佳，其根瘤指數分別爲2.0、2.1及2.8和對照組之4.0有顯著差異；而果實品質以施用幾丁質添加物者最佳；其平均甜度爲11.5 Brix；產量則各處理間以幾丁質添加物及一般有機質添加物爲最好，但統計分析結果，差異不顯著。

關鍵詞：西瓜、根瘤線蟲、族群消長、幾丁質添加物、殺線蟲劑。

西瓜是本省重要農產品之一，每年種植面積都在兩萬公頃以上，以臺南、雲林、花蓮、彰化、嘉義、臺東及高雄等縣市爲主要產區[1]。西瓜係葫蘆科植物，耐旱性強、耐濕性不佳，不適合粘質排水不良之地區栽培；農友們通常選擇排水良好的旱田、砂丘、河床砂洲等砂質壤土或砂質地種植。近年來更有許多瓜農向臺灣糖業公司承租蔗田休閒地栽植西瓜，蔚爲風氣，成爲本省西瓜產業特色之一。葫蘆科植物本爲根瘤線蟲良好寄主[15]，砂質土壤更適合線蟲之移行孳息[25]，加以蔗田中分佈廣泛的線蟲族群[4]，致本省西瓜線蟲病害發生日益嚴重，尤其以根瘤線蟲之爲害最值得重視。罹根瘤線蟲病之西瓜株地上部有明顯的矮化、葉片變小、黃化及微量元素缺乏等症狀；地下部則有根系結瘤情形，在田間甚易辨認（圖片1、5）。多年來西瓜苗常稼接扁蒲以降低蔓割病之發生率，但田間狀況顯示以扁蒲爲砧木之西瓜株很容易感染根瘤線蟲，而和蔓割病菌複合感染。這和根瘤線蟲侵入西瓜株根系所造成的機械傷害及生理病變助長蔓割病菌之侵染不無關係[16]。

本省之西瓜根瘤線蟲病，早在1924年，澤田兼吉氏於臺南地區已發現[9]。1972年，黃等[6]在全省主要作物線蟲相調查專刊中亦有記錄，但未作進一步的鑑定及其他的研究。西瓜之栽培最忌連作，根瘤線蟲問題是主要原因之一。1985年一項全球性的作物線蟲病問卷調查統計結果指出，瓜類因線蟲病所遭受的損失率爲13.8%[23]。本省可耕地無多，連作在所難免，農民的損失相隨而來，因此，本報告旨在調查本省西瓜根瘤線蟲病害之發生情形及其病原種類、分佈和族群消長，從而尋求有效的防治方法。

1. 臺灣省農業試驗所　研究報告第 1539 號。本研究承行政院農委會補助（78—農建—7.1糧35(30)），本所植病系蔡武雄博士提供寶貴意見，謹此致謝。
2. 本所所長及植物病理系助理。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
3. 本所嘉義分所所長。臺灣省　嘉義市。
4. 國立中興大學植物病理系講師。臺灣省　臺中市。

材料與方法

一、供試土壤及根部樣品之採集

自民國76年 7 月至78年 6 月間從本省旱田、蔗田及河床地等三種不同土壤型態之西瓜集約栽培區內之西瓜園，逢機設定四個採樣小區，每小區 6 株，標示後於植前及植後 1 、 3 、 5 個月挖取根圈土壤及根系樣品，置於塑膠袋中攜回，即進行各項分離試驗。

二、線蟲之分離及檢視

土壤樣品依改良柏門氏漏斗分離法（modified Baermanns funnel method）[6]，將直徑19公分的漏斗置於特別設計之分離架上，底部連接 7 公分長之橡皮管，其下方銜接一指形管，漏斗上置一60孔目之網篩，而後注入清水（八分滿）；再將採回之土樣100公克，以雙層衛生紙包妥，置於漏斗中，靜置36小時後，取下指形管，將此濾液倒入 Syracuse 鏡檢皿內鏡檢，並計算根瘤線蟲雄蟲及幼蟲數目。根部樣品則以緩和之水流洗淨後，於解剖顯微鏡下，以解剖刀切開根組織，檢視雌蟲及卵塊。

三、雌蟲陰門模紋（perineal pattern）之製作與觀察

以解剖刀剖開根部結瘤組織，挑取成熟雌蟲，切取蟲體後端三分之一部分，依序以清水、45%乳酸、25%甘油清除內含物，洗淨後，以解剖刀切取含陰門膜紋之體皮，平置於滴有乳酚溶液（plain lactophenol solution）載玻片之上，覆蓋蓋玻片，於光學顯微鏡下觀察陰門膜紋的形態，依據 Taylor and Sasser[26] 鑑定其種類。

四、根瘤線蟲爲害指數之計算

1. 線蟲繁殖力（Reproduction factor）之測定[28]：在標定區域內所測得植後 5 個月的根圈土壤根瘤線蟲數除以植前根瘤線蟲數，即爲該區根瘤線蟲之繁殖力，簡稱 Rf 值。

2. 根瘤指數（Root-knot index）之分級：於植後 5 個月，拔取標定區域內西瓜株，檢視其根系，依罹根瘤程度之不同分成以下五級，即：

根瘤指數（RKI）	結瘤程度（%）
0	0
1	1～10
2	11～30
3	31～50
4	50以上

3. 罹病指數（Disease index）之計算：其計算公式爲

$$DI=\frac{\Sigma(n\times RKI)}{4N}\times 100$$

n：各等級株數

RKI：根瘤指數

N：總株數

五、接種試驗

1. 供試西瓜苗來源：自農友種苗公司購得之金蘭西瓜種子，先以育苗袋(溪沙：花根旺＝2 ：1）播種催芽，待西瓜苗之第四片葉伸展後，即移植於消毒過之栽培土（沙質壤土：花根旺＝2 ：1），俟其長至20公分左右時即可供作接種用。

2. 接種方法：自根瘤上挑取單一卵塊，於24°C恆溫箱中孵化成二齡幼蟲，計數400隻，導入供試植物根圈。並設對照組，不予接種。本試驗重複三次，所有供試植株置於平均溫度27.5°C，相對濕度

65%之溫室中栽培。

六、本省主要西瓜栽培區根瘤線蟲病、蔓割病及二者病原之複合感染之調查。

於上述西瓜主要栽培區，調查本省西瓜根瘤線蟲病，蔓割病及二者病原之複合感染發生之情形。調查方法如下：

1. 根瘤線蟲病：如上述罹病指數之計算。

2. 蔓割病：採用日本奈良試驗場的西瓜成株期發病百分率換算公式[3]，即發病百分率＝

$$\frac{(\text{枯死株數}\times 1+\text{重症株數}\times 0.7+\text{中症株數}\times 0.5+\text{輕症株數}\times 0.2)}{\text{田間株數}}\times 100$$

其中，枯死：全株萎凋死亡；重症：每株內有70%的蔓萎凋；中症：每株內有50%的蔓萎凋；輕症：每株內有20%的蔓萎凋。

3. 二者病原之複合感染：複合感染率＝$\frac{\text{二者複合感染之株數}}{\text{調查株數}}\times 100$

七、西瓜園內根瘤線蟲族群之消長

於臺中縣烏日鄉、雲林縣褒忠鄉及臺南縣白河鎮，分別選定典型的河床地、旱田及蔗田西瓜園；每隔一個月測量標定區內根瘤線蟲數，為期兩年，以尋求線蟲族群之消長曲線。

八、土壤處理對西瓜根瘤線蟲之防治效果

供試植株：自農友種苗公司購得以扁蒲作砧木之健康金蘭西瓜苗，平均每株帶4至5片葉。

供試土壤與線蟲：臺中縣烏日鄉罹南方根瘤線蟲病之西瓜園砂質壤土。並取其罹病之西瓜根瘤，挑取單一卵塊，培養於24°C恆溫箱，孵化為二齡幼蟲，供接種用。

供試藥劑或添加物：

(1)殺線蟲劑抗蟲得（10% Controven G.）：S-(tertbutyl-thio) methyl-O, O-diethyl phosphorodithioate, U.S.A. Cyanamid Co.

(2)燻蒸劑溴化甲烷（Bromomethane）：Methyl Bromide 含98%（W/W）；Chloropicrin 含2%（W/W），U.S.A. The Dow Chemical Co..

(3)幾丁質添加物（Clandosan）：Chitin（poly-N-acetyl-D-glucoseamine）Protein 含25%，Organic buffer, Urea and Minerals 含75%，U.S.A. Igene Biotechnology Inc.

(4)一般有機質添加物（長青肥）：sawdust、pigdung、peanut shell, 其N：P：K=3：5：8，Taiwan, Evergreen LTD.

(5)烏肥 $Ca(CN)_2$：含 N,18%；CaO,50%以上，U.S.A. Cyanamid Co.

1. 溫室盆栽防治試驗：將上述之供試土壤，依各試驗資材之使用法（如后）處理後，每十公斤土分裝入48公分×18公分×21公分長方形塑膠盆缽，每盆栽種3棵西瓜苗，於每棵西瓜苗之根圈接種上述供試線蟲50隻。各處理依序為：殺線蟲劑抗蟲得：依據農林廳植物保護手冊推薦使用法，於西瓜種植前，植穴施用2公克。土壤燻蒸劑溴化甲烷：平均添加12毫升於40公斤土壤，以塑膠布完全密封，一星期後掀開，待氣體揮發後，拌勻，分裝入盆缽後種植西瓜。幾丁質添加物、一般有機質添加物長青肥及烏肥：每一盆缽土壤各別施用40、120及25公克，攪拌均勻，一星期後植入西瓜苗。以不作任何處理為對照組。西瓜定植後第30天、60天調查根圈土壤線蟲數，並於第60天測量西瓜蔓之長度及全株鮮重，計算根系之根瘤指數。

本試驗六處理，四重覆。在平均溫度27.5°C，相對濕度為65%之溫室中進行。將其結果以鄧肯氏多變域法分析。

2. 田間防治試驗：試驗地點在臺中縣烏日鄉砂質土旱田，其耕作制度為休閒（12月～1月）一西瓜（2月～7月）一雜作：玉米、花生、胡麻（8月～11月）一休閒；在各作物種植中期測得每100

公克根圈土根瘤線蟲數目分別爲：0.2（0－8），412（106—943），3.8（2—45），顯示根瘤線蟲族群消長頗具規則性。處理方法：殺線蟲劑抗蟲得，於西瓜種植前植穴處理，每株20公克。土壤燻蒸劑溴化甲烷，每公頃10公升，植前施用，一星期後翻土，第二星期俟氣體揮發後種植西瓜。幾丁質添加物、一般有機質添加物長青肥及烏肥，於植前拌土作畦，每一公頃各別施用600、2000、200公斤。以不作任何處理爲對照組。

田間設計：採逢機完全區集設計，六處理四重複，每小區10株。

防治效果之測定：依處理前及處理後30、90、135天之根圈土壤線蟲數及採收時根瘤指數多寡，每株西瓜留果4個，測其平均果重，並以糖度計（日本 Atago 公司，機型N—1）測其平均甜度，代表西瓜質量，並以鄧肯氏多變域法，分析其差異顯著性。

結　果

一、本省西瓜根瘤線蟲病之發生

在旱田西瓜園，根瘤線蟲族群之消長和前期作物之種類及土壤之性狀有密切關係，由於多年來耕作制度一成不變，如臺南縣的安南、大內及山上；臺中縣的大肚；花蓮縣的吉安等大宗西瓜產地，根瘤線蟲病之發生很嚴重，地上部有明顯黃化、矮化及葉片變小等症狀，罹病根系則結瘤纍纍且伸展不良，剖開根瘤可見許多雌蟲及卵塊（圖片1，5，6），線蟲種類以南方根瘤線蟲（M. *incognita*）爲多（圖片4），爪哇根瘤線蟲（M. *javanica*）較少（表一）（圖片7）。

表一、臺灣旱田西瓜園根瘤線蟲之發生

Table 1. *Meloidogyne* spp. found parasitizing on watermelon in uplands of Taiwan

西瓜品種 Variety	線蟲數目／100克根圈土 No. of nematodes/100 g.soil 植前 Pre-plant	植後（月）post-plant (month) 1	3	5	R factor Pf/Pi	根瘤指數 Root-knot index	線蟲種類 Meloidogyne spieces	栽培地點 Locality	前期作物 Preceding crop
富寶2號	31.2	29.1	314.2	521.4	17.6	3.2	M. *incognita*	屏東楓港	黃秋葵
金蘭	47.0	53.5	466.2	428.6	8.0	4.0	M. *incognita* M. *javanica*	臺東卑南	蕃茄
金蘭	18.4	20.6	297.4	480.3	23.3	3.8	M. *incognita*	臺中大肚	蕃薯
金蘭	15.0	12.3	90.1	307.2	24.9	3.1	M. *incognita*	雲林褒忠	蘿蔔
金蘭	22.2	40.7	298.0	643.1	15.8	4.0	M. *incognita*	臺中烏日	玉米
小鳳	20.4	22.6	373.2	812.3	35.9	4.0	M. *incognita*	臺南山上	蕃薯
金蘭	19.6	30.5	470.0	600.4	19.6	4.0	M. *incognita* M. *javanica*	臺南新化	蕃薯
富寶2號	17.5	20.7	298.4	121.7	54.1	4.0	M. *incognita*	臺南安南	蕃茄
金蘭	11.2	17.0	85.4	370.0	21.7	4.0	M. *incognita*	臺南大內	胡麻
金蘭	9.4	17.2	190.5	296.9	17.2	2.6	M. *incognita*	南投大坪頂	辣椒
富寶2號	30.1	26.4	320.4	81.4	10.6	1.9	M. *incognita*	嘉義北港	青椒
富寶2號	40.6	31.0	477.0	906.5	29.2	4.0	M. *incognita*	花蓮吉安	青椒

本省蔗園常發現甘蔗根部受根瘤線蟲感染，在蔗田種植西瓜後，根瘤線蟲族群大爲增加，除臺中縣后里之線蟲數較低外，臺南、高雄及花蓮等縣市者皆高，線蟲種類以 M. *incognita* 爲多(表二)。

表二、臺灣蔗田西瓜園根瘤線蟲之發生

Table 2. *Meloidogyne* spp. found parasitizing on watermelon in sugarcane fields of Taiwan

西瓜品種 Variety	線蟲數目／100克根圈土 No. of nematodes/100 g.soil 植前 Pre-plant	植後（月） post-plant (month) 1	3	5	R factor Pf/Pi	根瘤指數 Root-knot index	線蟲種類 Meloidogyne spieces	栽培地點 Locality
富寶2號	36.3	50.0	470.6	450.0	9.0	4.0	M. *incognita*	花蓮光復
富寶2號	40.8	62.3	443.2	515.1	8.2	4.0	M. *incognita*	臺南新化
金　蘭	25.6	30.0	375.2	647.2	21.5	4.0	M. *incognita*	高雄燕巢
金　蘭	36.3	41.2	450.0	932.4	22.6	4.0	M. *incognita*	臺南後壁
金　蘭	26.4	29.8	116.2	305.9	10.2	3.2	M. *incognita*	臺南白河
種田二號	27.6	29.7	130.4	198.3	6.6	2.1	M. *incognita*	雲林水林
種田二號	14.5	20.4	213.5	305.2	14.9	2.3	M. *incognita*	花蓮壽豐
小　鳳	26.7	30.7	240.0	213.5	6.9	1.8	M. *incognita*	臺中后里

西瓜根瘤線蟲在河床地西瓜園內，植前之線蟲數甚低，植後快速增加，線蟲種類有 M. *incognita* 和 M. *javanica* 兩種（表三）。

表三、臺灣河床地西瓜園根瘤線蟲之發生

Table 3. *Meloidogyne* spp. found parasitizing on watermelon in river bed fields of Taiwan

西瓜品種 Variety	線蟲數目／100克根圈土 No. of nematodes/100 g.soil 植前 Pre-plant	植後（月） post-plant (month) 1	3	5	R factor Pf/Pi	根瘤指數 Root-knot index	線蟲種類 Meloidogyne spieces	栽培地點 Locality
富寶2號	3.0	25.3	217.2	1,203.3	401.0	4.0	M. *incognita*	花蓮壽豐
富寶2號	6.2	17.5	374.6	504.0	87.0	4.0	M. *incognita*	臺東太麻里
富寶2號	2.0	26.1	205.9	331.2	165.6	4.0	M. *incognita* M. *javanica*	南投信義
富寶2號	0.2	10.1	315.2	461.2	2,306.0	3.6	M. *incognita*	臺中清水
富寶2號	1.2	8.5	400.3	513.5	427.9	3.8	M. *incognita*	臺中大甲
富寶2號	14.2	11.2	211.2	264.2	18.6	3.4	M. *incognita*	臺中大肚
富寶2號	5.0	13.3	198.2	275.5	55.1	3.8	M. *incognita*	雲林西螺
富寶2號	20.9	25.3	314.4	305.4	14.6	4.0	M. *incognita*	屏東高樹
富寶2號	1.5	6.0	272.0	366.1	244.0	4.0	M. *incognita*	屏東楓港
金　蘭	9.4	8.2	196.6	582.5	61.9	4.0	M. *incognita*	臺南大內
金　蘭	19.2	20.3	271.6	202.8	10.5	3.2	M. *incognita* M. *javanica*	嘉義北港

二、接種試驗與病變過程之觀察

接種根瘤線蟲之二齡蟲60天後，處理組葉片黃化，新葉皺縮變小，生長勢衰弱，地下部的根系亦結瘤甚多，根瘤指數達4，末期顏色變褐色，部份已腐爛，而對照組葉片翠綠，根系健壯，生長正常，二者有顯著之差別。

三、西瓜園根瘤線蟲族群之消長

旱田西瓜園之根瘤線蟲族群，其季節性消長曲線之高峰在7月至9月間，多季的12月至1月間最低（圖一）。蔗田西瓜園之根瘤線蟲族群，其高峰自6月至10月，爲期4個月，而低族群密度在1月至3月（圖二）。河床地西瓜園之根瘤線蟲族群，其消長曲線最尖，族群高峰在7、8兩個月，而在11月後明顯下降（圖三）。

四、西瓜園根瘤線蟲病、蔓割病及二者病原之複合感染之發生率

由調查結果顯示，根瘤線蟲之罹病率以河床地西瓜園之60%最高，蔗田西瓜園之57.5%次之，旱田西瓜園爲55%；蔓割病罹病率在河床地、蔗田、旱田西瓜園分別爲22%，14%，17%；另二者病原之複合感染率以河床地西瓜園之16.5%爲最高，蔗田西瓜園之11.5%次之，旱田西瓜園之11%爲最低（圖四）。

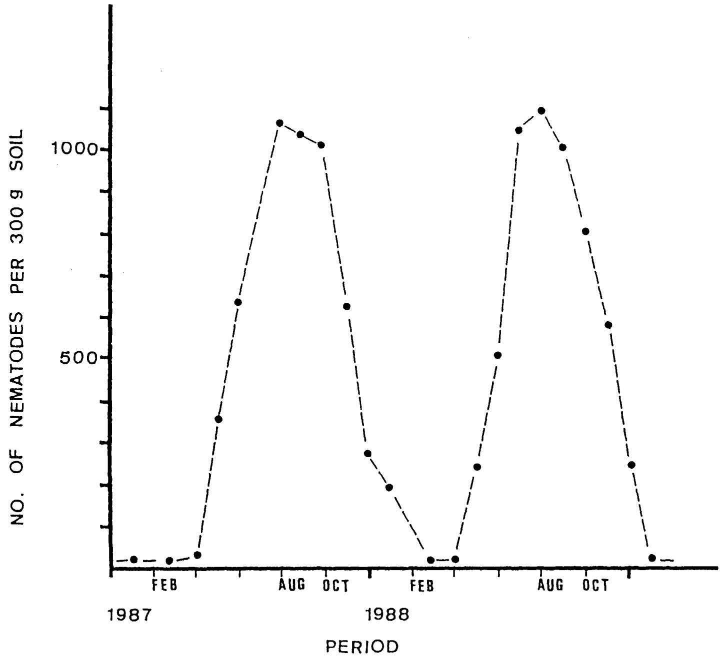


圖 1. 旱田西瓜園之根瘤線蟲之族群消長（雲林，褒忠）。

Fig 1. Population changes of root-knot nematodes in soil at the field of watermelon after upland crops.(Bau-jong, Yunlin)

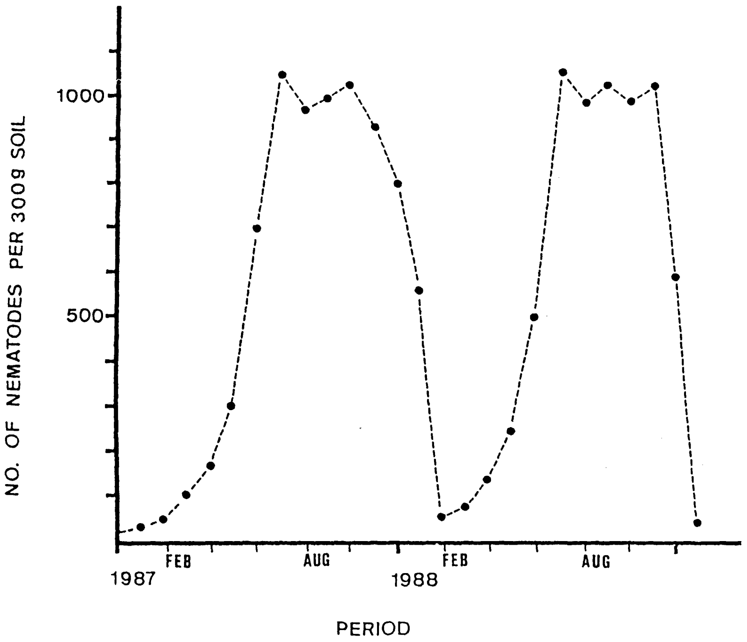


圖 2. 蔗田西瓜園之根瘤線蟲之族群消長（臺南，白河）。

Fig 2. Population changes of root-knot nematodes in soil at the field of watermelon after sugercane.(Pal-ho, Tainan)

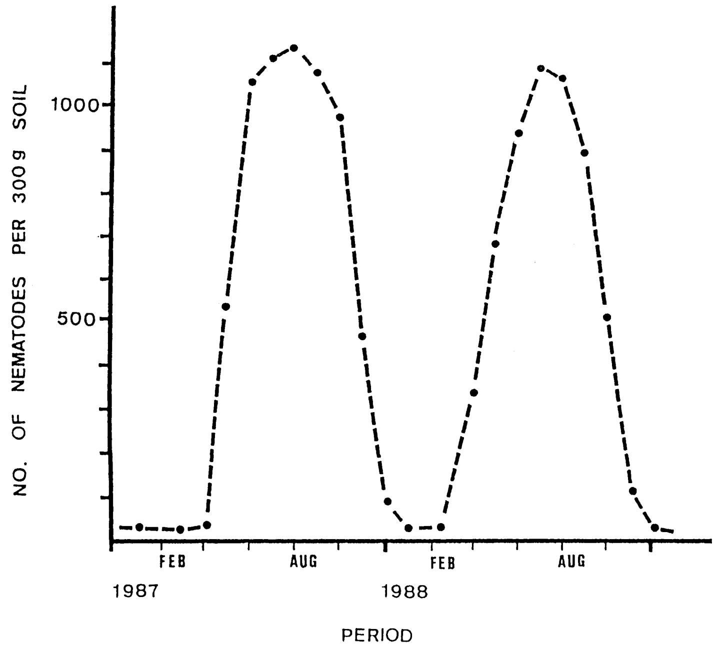


圖 3．河床地西瓜園之根瘤線蟲之族群消長（臺中，大肚）。

Fig 3. Population changes of root-knot nematodes in soil of watermelon field at the rivebed.(Da-du, Taichung)

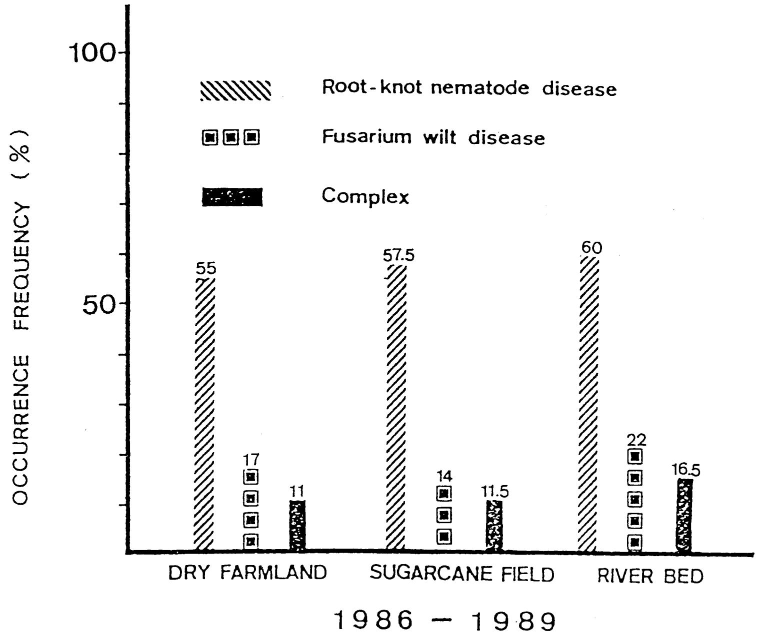


圖 4．西瓜園根瘤線蟲病、蔓割病及二者複合感染之發生率

Fig 4. Occurrence of root-knot nematode diseases, Fusarium wilt diseases and their complexes in watermelon fields

五、土壤處理對西瓜根瘤線蟲之防治效果

溫室及田間防治試驗結果顯示，防治根瘤線蟲以施用殺線蟲劑抗蟲得、幾丁質添加物及燻蒸劑溴化甲烷爲佳(圖片２，３)，烏肥次之；一般有機質添加物及對照組罹線蟲病爲最嚴重。而在果實品質上則以施用幾丁質添加物爲最好，一般有機質添加物、烏肥及殺線蟲劑抗蟲得次之，燻蒸劑溴化甲烷者最差。產量上在各處理間以幾丁質添加物及一般有機質添加物爲佳，但差異不顯著(表四、表五)。

表四、溫室中土壤處理對西瓜根瘤線蟲之防治效果

Table 4. Effect of various soil treatments on control of watermelon root-knot nematodes in greenhouse

處理 Treatment dosage/pot	根瘤線蟲數目／100克根圈土 No. of *Meloidogyne* per 100g. soil			根瘤指數 Root-knot* index	瓜蔓長度(60天) Length of vine (60 days) (cm)	全株鮮重(60天) Fresh weight of whole plant (60 days) (g)
	處理前 Pre-treatment	處理後 Days after treatment 30	60			
Controven 6 g	50 a	0.4 c	1.5 c	0.2 c	140.2 a	104.8 a **
Chitinous amendment 40 g	50 a	21.6 a	25.2 a	1.8 a	149.3 a	135.2 a
Common organic amendment 120 g	50 a	80.4 b	167.3 b	3.4 b	142.5 a	123.4 a
Ca $(CN)_2$ 25 g	50 a	43.7 a	40.5 a	2.3 a	139.8 a	111.4 a
CH_3Br 3 ml	50 a	0.2 c	0.5 c	0.1 c	144.5 a	108.3 a
Check	50 a	92.4 b	195.8 b	4.0 b	32.1 b	31.6 b

* Root-knot index : subjective rating 0—4; 0=no galls, 4=heavy galling

** Average of 4 replicates, numbers followed by the same letter are not significantly different, according to Duncan's multiple-range test (P=0.05)

表五、田間土壤處理對西瓜根瘤線蟲之防治效果

Table 5. Effect of various soil treatments on control of watermelon root-knot nematodes in field

處理 Treatment	根瘤線蟲數目／100克根圈土 No. of *Meloidogyne* per 100g. soil				根瘤指數 Root-knot* index	甜度 Brix	平均果重(公斤) Fruit Mean weight (kg)
	處理前 Pre-treatment	處理後 Days after treatment 30	90	135			
Controven 20g/plant	10.8 a	2.7 b	20.5 c	90.7 b	2.1 c	9.6 a	1.1 a **
Chitinous amendment 600kg/ha	12.0 a	8.0 b	14.7 c	69.8 b	2.0 c	11.5 a	1.8 a
Common organic amendment 2000kg/ha	11.4 a	56.2 a	250.0 a	206.8 a	4.0 a	10.0 a	1.6 a
Ca $(CN)_2$ 200kg/ha	12.4 a	17.0 b	91.2 b	180.5 a	3.2 b	10.7 a	1.2 a
CH_3Br 10 l/ha	11.8 a	0.2 c	10.8 c	131.7 b	2.8 c	9.0 b	1.0 a
Check	10.6 a	38.3 a	225.4 a	241.3 a	4.0 a	8.2 b	0.8 b

* Root-knot index : subjective rating 0—4 : 0 =no galls, 4 =heavy galling

** Average of 4 replicates, numbers followed by the same letter are not significantly different, according to Duncan's multiple-range test (P=0.05)

討 論

根瘤線蟲是西瓜栽培上主要病害之一，舉世皆然。而國外除了本省常見的南方根瘤線蟲（M. *incognita*）及爪哇根瘤線蟲（M. *javanica*）外，還有北方根瘤線蟲（M. *hapla*），曾嚴重爲害加拿大的西瓜產業[29]。1981年，Ruelo[22] 調查本省北方根瘤線蟲之寄主範圍，其中並無西瓜之記載，本調查亦未發現有該蟲爲害西瓜。此外，1979年，Orion 等[20] 亦曾報告根腐線蟲（*Pratylenchus thornei*）爲害西瓜。筆者等於本調查中亦發現西瓜園土壤中有鞘線蟲（*Hemicriconemoides* spp.）、螺旋線蟲（*Helicotylenchus* spp.）、穿根線蟲（*Hirschmanniella* spp.）、矮化線蟲（*Tylenchorhynchus* spp.）及殘根線蟲（*Trichodorus* spp.），但未發現有根腐線蟲。

根據各西瓜產地之農會資料統計，本省河床地西瓜園面積常維持在12,000公頃左右，佔西瓜總栽培面積的52%，蔗田西瓜園約6,000公頃，佔26%，而旱田西瓜園較少，約爲3,500公頃，佔15%。若以國際作物線蟲研究暨防治計劃組織（Crop Nematode Research & Control Project）公佈之瓜類罹線蟲病所造成的13.8%損失率[23]，臺灣省農林廳統計的西瓜單位面積產量[1]，和今年產地最低價格每公斤新臺幣6.4元[2]；估計本省西瓜產業每年因線蟲病害損失金額爲新臺幣二億六千三佰萬元以上，頗值得重視。

本省西瓜栽作型態大抵分爲三種：河床地連作、蔗田輪作及旱田輪作。普遍有罹根瘤線蟲病之現象，其中以河床地連作發生率較高，蔗田輪作及旱田輪作次之。旱田西瓜園的根瘤線蟲族群消長常和土壤性狀、耕作制度及作物種類有關。而本省西瓜農多年耕作習慣下，排水良好的西瓜園常和茄科作物或甘薯輪作，而上述作物也是根瘤線蟲之寄主，另西瓜園中常見的雜草，如龍葵、馬齒莧和小葉灰翟等，亦是其寄主[8]，故線蟲族群密度不易降低。如果和非南方根瘤線蟲和爪哇根瘤線蟲寄主的作物（如花生）或拮抗植物等輪作，相信有助於降低西瓜園植前線蟲密度。蔗田西瓜園根瘤線蟲病的發生一直很嚴重，主要由於蔗作利潤低，農友少用有機肥，一般只使用糖業公司配給之化學肥料，是以線蟲種類及密度都較別作物多。胡和朱氏[4]（1959）曾報告本省蔗田中常見的線蟲有15種以上，其中，根瘤線蟲之檢出率高達62%，甘蔗根部之被害率則可達90%以上。可見蔗田西瓜園，植前根瘤線蟲已普遍存在土壤中，俟感受性高的西瓜植株種植後即可侵入爲害。河床地西瓜園，植前之根瘤線蟲族群密度甚低，但因土壤質地多爲砂質地，有利於線蟲之產卵及移行，故使線蟲病易於蔓延。加上農友在河床地種植西瓜時，習慣加倍使用基肥，造成植株生長初期根系旺盛，有利於根瘤線蟲營養來源的取得，繁殖率亦高。河床地西瓜植株在罹患根瘤線蟲後，根瘤在採果期結束後大都不易腐敗，有助於此線蟲殘存期間的延長。

佔本省西瓜栽培面積半數以上的河床地，其罹根瘤線蟲與蔓割病比率均較蔗田西瓜園和旱田西瓜園爲高。探究其原因可能和農友耕作習慣種苗來源有關。本省河床地西瓜農多採大規模遊牧式耕作形態，不論該栽培地是否年年遭河水淹沒過，一年一作，且於西瓜採收後，留置殘株，並無清理田間，俟翌年瓜期再行種植。此種耕作方式甚易使蔓割病菌殘存，作爲次年感染源；又蔓割病病原菌可經由種子和種苗傳播，在土壤微生物相較單純之河床地，蔓割病發生有較嚴重之趨勢[5]。西瓜農在河床地種植西瓜前，多以每公頃300至1,000公斤的雞糞及黃豆粉等作基肥，而依 Vlk[27]（1974）的研究結果顯示，施用家畜的糞便及泥炭等，可促進線蟲的繁殖。 Rao 及 Isarel[21]（1972）發現土壤的含砂量越高，則越利於線蟲的發育及產卵。由於根瘤線蟲對西瓜有高度感受性，加上本省氣候因子、土壤條件及施肥習慣都適合本線蟲的繁殖，故促使線蟲族群密度迅速提高。蔗田土壤一般較河床地有較高黏質性，且每年蔗作後的甘蔗葉落於田中充作部份有機肥，故根瘤線蟲繁殖環境比河床地差，西瓜根瘤線蟲病發病率亦較低。旱田根瘤線蟲族群的發展往往受作物相所左右，如果西瓜的前期作是根瘤線蟲

的寄主，則土壤中線蟲族群即顯著增加，為害到下期西瓜栽作；反之則受害率降低。但因根瘤線蟲寄主廣泛，在本省除了禾本科作物以外，旱田作物中的茄科、十字花科、葫蘆科、旋花科及錦葵科等作物都是它良好的寄主；故西瓜根瘤線蟲病之發生普遍。但由於旱田耕作頻率高，農友常施用殺蟲劑、殺線蟲劑或燻蒸劑，也因此降低根瘤線蟲發生率及為害程度。

由田間西瓜園根瘤線蟲族的消長曲線觀之，蔗田西瓜園的線蟲族群較高，高峰期間長，此和收穫前後不加管理的雜草及不拔除殘株的習慣有關，又與土地是租賃來的，而非農民自有的心理有所關連。河床地西瓜田大抵一年一種，又因可能遭河水之淹沒，故而線蟲族群密度停留在高峰期間短。而旱田西瓜園在西瓜種植後期是根瘤線蟲族群密度最高時期，顯示瓜類在作物中是根瘤線蟲感受性較高的一類。許多文獻[10,11,13,14,17,19] 指出植物寄生性線蟲的族群密度常呈季節性消長，季節的更換包括許多環境因子的變化，諸如氣溫、雨量、日照等。而直接和線蟲族群有關的，為寄主植物根系的生長程度。就西瓜根瘤線蟲在旱田、蔗田及河床地西瓜園的族群消長而言，每個高峰期都在西瓜植後，低峰都在田間無作物期，其間關係甚為明顯。

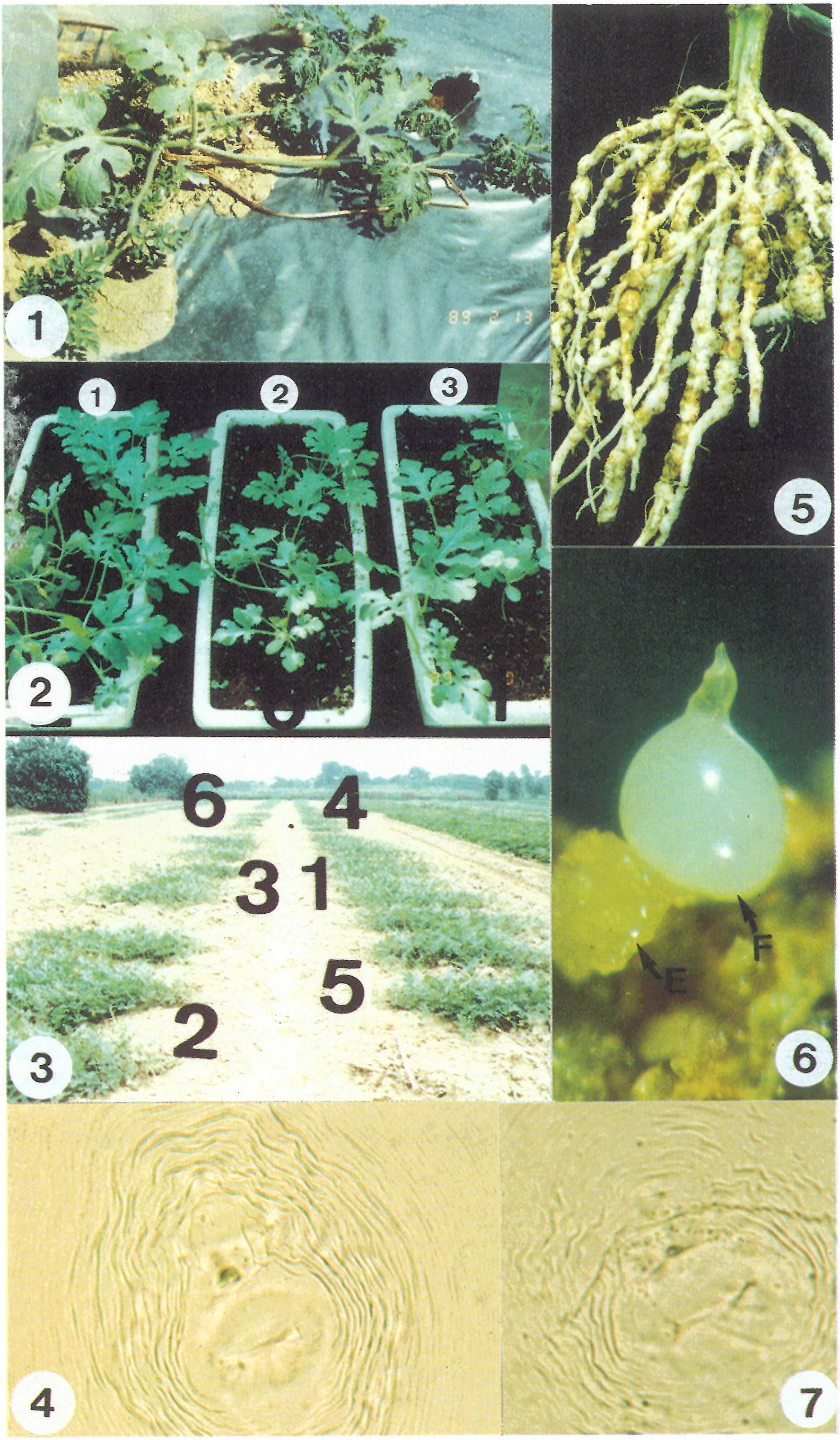
本省西瓜蔓割病發生甚普遍，據黃等[7]，民國 59 年調查本省中部及北部西瓜蔓割病發生率為 31.9%至33.4%，又孫等[5] 民國66年調查本省蔓割病發生率為 4 %至63.2%，其中以連作田為甚。早在1957年，Jenkins 及 Coursen[16] 即發現對由 *Fusarium lycopersici* Sacc. 引起萎凋病有免疫力之蕃茄品種，因根瘤線蟲之存在而失去免疫力。 Martin 等[18] (1955) 曾就 *M. acrita*, *Tylenchorhynchus* spp., *Helicotylenchus* spp. 及 *Trichordorus* spp.等四種線蟲與棉花萎凋病（*F. oxysporum* f. sp. *vasinfectum*）發生之關係作研究，結果顯示根瘤線蟲不但增加萎凋病發生率，又因其侵入寄主植物造成傷口，導致其他病原的侵入，使抗病植物失去或降低抗病性，感病植物罹病更嚴重。本省的西瓜雖一部份以扁蒲稼接，但因扁蒲亦為根瘤線蟲之良好寄主，可能因本蟲的侵害而助長蔓割病之發生，複合感染在河床地西瓜園達16.5%，較其他栽培區為多（圖四），似與此原因有關。

根瘤線蟲之防治上，施用系統性殺線蟲劑抗蟲得，和植前以溴化甲烷燻蒸處理及施用蝦蟹殼製成的幾丁質添加物為佳，但在果實品質及產量上，則以後者為佳；可見線蟲防治後，如果能同時有補充養份，則有助於植株生長勢之回復及果實品質、產量的增加。因幾丁質添加物在土壤有增加幾丁質溶解放射菌類（Chitinolytic actinomycetes）之效果，具破壞線蟲卵殼中的幾丁質層（Chitinous layer）的作用，而抑制二齡幼蟲之孵化，使線蟲族群因而可降低[24]。一般有機質肥料的添加有助於植株的生育，但若要達到抑制線蟲族群密度則須連續施用若干年，抑制效果方顯著[12]。有機肥的施用雖可促進植物生長，根系發育，卻因根瘤線蟲營養來源的大量增加，族群密度大為提高。但 Taylor 與 Sasser[26] (1978) 認為植物體之耐線蟲能力，須視植株被害根之罹病程度及新生根活力旺盛與否來作決定。本研究施用有機肥西瓜株，生長旺盛，在採果期才出現根系結瘤現象，但甜度及產量仍較以殺線蟲劑施用植株為佳。若與對照組相較，雖線蟲族群密度差異不大，但植株生長勢、結果量及果實品質則差異顯著。

引用文獻

1. 臺灣農業年報・1988・臺灣省政府農林廳。P. 94—95。
2. 王禮陽・1990・果菜商情動態。園藝之友季刊19：28—33。
3. 村田壽桃太郎，太原淸・1936・西瓜蔓割病（萎凋病）ニ關スル研究成績。奈良農場，162p.
4. 胡學和、朱學曾・1959・臺灣蔗園土中線蟲調查。糖試所彙報19：39。
5. 孫守恭、黃振文・1977・西瓜蔓割病菌在土中的存活。植保會刊19(4)：257—264。
6. 黃炤雄、蔡雲鵬、林奕耀、杜金池、黃修斌・1972・臺灣植物寄生性線蟲。中研院植研所專刊第一號，66pp.
7. 黃讚、簡和順・1960・西瓜重要病害調查。農業研究 9 (3)：32—39。

8. 蔡東纂、林奕耀・1984・臺灣農地雜草根瘤線蟲之研究。中華民國雜草學會。5：59—70。
9. 澤田兼吉・1924・臺灣に於ける根線蟲の寄主植物。臺灣博物學會會報14(72)：16—24。
10. Banyer, R. J., and Fisher, N. M. 1971. Seasonal variation in hatching of eggs of *Heterodora avenae.* Nematologica 17：25-236.
11. Broide, B. B, and Quattlebaum, B. H. 1970. Vertical distribution and population fluctuations of three nematode species as correlated with soil temperature, moisture and texture. Phytopathology 60(9)：1286.
12. Castillo, M. B. 1985. Some studies on the use of organic soil amendments for nematode control. Phil. Agr. 68：76-93.
13. Edward, A. A. Di. 1960. Population variation of *Pratylenchus penetrans* and other nematodes associated with roots. Phytopathology 50：633.
14. Evans, K. 1969. Changes in a *Heterodera rostochiensis* population through the growing season. Ann. Appl. Biol. 64：31-41.
15. Fassuliotis, G. 1967. Species of cucurbit resistant to the root-knot nematode, *Meloidogyne incognita acrita.* Plant Dis. Reptr. 51：720-723.
16. Jenkins, W. P., and Coursen, B. W. 1957. The effect of root-knot nematode, *Meloidogyne incognita acrita* and M. hapla, on Fusarium wilt of tomato. Plant Dis. Reptr. 41：182-186.
17. Laughlin, C. W., and Williams, A. S. 1971. Population behavior of *Meloidogyne graminis* in field grown "Tifgreen" bermudagrass. J. Nematol. 3：386-389.
18. Martin, W. J., Newson, L. D., and Jack, E. J. 1955. Relationship of nematodes of genera *Meloidogyne, Tylenchorhynchus, Helicotylenchus*, and *Trichordorus* to development of Fusarium wilt in cotton (Abs). Phytopathology 45：349.
19. O'Bannon, J. G., Radewald, J. D., and Tomerli, A. T. 1972. Population fluctuation of three parasitic nematodes in Florida citrus. J. Nematol. 4：194-199.
20. Orion, D., Krikun, J., and Sullami, M. 1979. The distribution, pathogenicity, and ecology of *Pratylenchus thornei* in the Northern Negev. Phytoparasitica 7：3-9.
21. Rao, Y. S., and Isarel, J. P. 1972. Influence of soil type on the activity of the rice root-knot nematode, *Meloidogyne graminicola* Golden & Birchfield. Indian J. Agric. Sci. 42：744-747.
22. Ruelo, J. S. 1981. Host Range Studies of *Meloidogyne hapla* in Taiwan. Plant Disease 65：500-501.
23. Sasser, J. N., and Freckman, D.W. 1986. A world perspective on nematology：The role of the society. In Vistas on Nematology：P. 7-14.
24. Spiegel, Y., Chet, I., Cuhn, E., Galper, S., and Sharon. Ekna. 1988. Use of Chitin for Controlling Plant-parasitic nematodes. Plant and Soil 109：251-256.
25. Taylor, A., L., Barler, H. D., and Kime, P. H. 1940. Further observations on the nematode-fusarium-wilt experiments at Lumberton, North Carolina. Phytopathology 30：710.
26. Taylor, A. C., and Sasser, J. N. 1978. Biology, identification and Control of root-knot nematodes (*Meloidogyne species*). North Carolina State Univ.
27. Vlk, F. 1974. Effect of time of application or organic manures on nematode populations, invasion of plant and yields. (Original in Czehs, cited in Helminth. Abstr. 1 B 43：55)
28. Winstead, N. N., and Riggs, R. D. 1963. Reaction of watermelon varieties to root-knot nematodes. Plant Dis. Reptr. 43：909-912.
29. Zimmer, R. C., and Walkof, C. 1968. Occurrence of the northern root-knot nematode *Meloidogyne hapla* on field-grown cucumber in Manitoba, Can. Plant Dis. Surv. 48：154.


1
89 2 13
1
2
3
2
6
4
3
1
5
2
3
5
F
E
6
4
7

圖片說明：

1. 田間西瓜罹根瘤線蟲病株之病徵
2. 溫室盆栽防治試驗顯示處理間之生長差異(1)幾丁質添加物(2)對照組(3)抗蟲得
3. 田間防治試驗顯示處理間之生長差異（烏日試驗區）(1)抗蟲得(2)幾丁質添加物(3)一般有機質添加物(4)烏肥(5)溴化甲烷(6)對照區
4. 西瓜南方根瘤線蟲之陰門模紋
5. 罹根瘤線蟲病之西瓜根系，結瘤纍纍，伸展不良
6. 西瓜根瘤線蟲之成熟雌蟲與卵塊
7. 西瓜爪哇根瘤線蟲之陰門模紋

Photography expression :

1. Symptoms on watermelon plant infected by root-knot nematode.
2. The difference of watermelon growth among treatments (1) Chitinous amendment (2) Check (3) Controven under greenhouse test.
3. The difference of watermelon growth among treatments (1) Controven (2) Chitinous amendment (3) Common organic amendment (4) $Ca(CN)_2$ (5) CH_3Br (6) Check at Wu-zou test.
4. The perineal pattern of adult female of *Meloidogune incognita*.
5. Root-system of watermelon infected by root-knot nematode showing galling, and extension inhibited.
6. The adult female (F) and egg mass (E) of root-knot nematode on the roots of watermelon.
7. The perineal pattern of adult female of *Meloidogyne javanica*.

The Occurrence of Watermelon Root-knot Nematode and its Control in Taiwan[1]

C. C. Tu[2], Y. H. Cheng[3], K. M. Wang[2], T. T. Tsay[4]

Summary

There are three kinds of cultural practices of watermelon in Taiwan, such as upland rotaion, sugarcane field rotation, and river bed continuous culture. The occurrence frequencies of root-knot nematodes among the different cultural types were 55%, 57.5%, and 60%, respectively. The main nematode species were *Meloidogyne incognita,* and *M. javanica.*

The peak of populations of root-knot nematodes was from July to September at the watermelon fields of uplands, and the lower population was between December and January. But at sugarcane field rotations, the climax of population was from June to October, on the other hand, the population-change curve was the sharpest at the watermelon fields of river beds. Its peak was between July and August, the population decreased obviously from November.

Under field investigation, it revealed that the complex ratio of root-knot nematode and Fusarium wilt was 16.5, 11.5, and 11% in river beds, sugarcane fields, and uplands, respectively.

The field control tests indicated that chitinous amendment, 10% Controven G., and CH_3Br obtained satisfactory effects. Their root-knot indexes were 2.0, 2.1, and 2.8 respectively with significant difference to check plot. Chitinous amendment got the best quality of fruit. Its average brix was 11.5. Of all treatments, Chitinous amendment and common organic amendment treatments showed the largest fruit quantity, but there were no significant differences among them according to statistical analysis.

Key Words : watermelon. root-kont nematode, population change, chitinous amendment, nematicide.

---

1. Contribution No. 1539 from Taiwan Agricultural Research Institute.
2. Director and Assistant, respectively, Department of Plant Pathology, TARI, Wufeng, Taiwan, R. O. C.
3. Senior Plant Pathologist and Director, Chia-yi Agricultural Expriment Station, TARI, Chia-yi, Taiwan, R.O.C.
4. Assistant Professor, Department of Plant Pathology, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan, R. O. C.